

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-357225

(P2002-357225A)

(43) 公開日 平成14年12月13日 (2002.12.13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F 1	テマコード (参考)
F 16 C 33/66		F 16 C 33/66	Z 3 J 101
33/32		33/32	
33/38		33/38	
33/58		33/58	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-165621(P2001-165621)

(22) 出願日 平成13年5月31日 (2001.5.31)

(71) 出願人 000004204
 日本精工株式会社
 東京都品川区大崎1丁目6番3号

(72) 発明者 斎藤 剛
 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号
 日本精工株式会社内

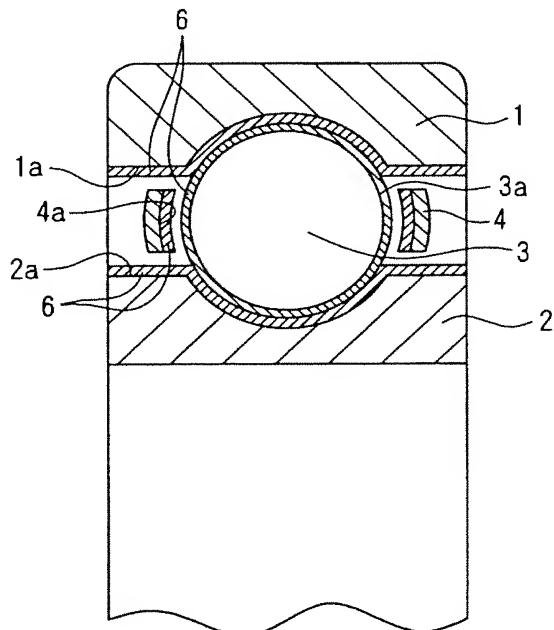
(74) 代理人 100066980
 弁理士 森 哲也 (外2名)
 F ターム (参考) 3J101 AA02 AA32 AA42 AA52 AA62
 BA10 BA50 BA70 DA05 EA31
 EA33 FA32 FA60 GA55

(54) 【発明の名称】 転がり軸受

(57) 【要約】

【課題】 清浄環境下及び真空環境下においても発塵量及びアウトガスが低く、且つ高面圧下においても耐久性に優れた転がり軸受を提供する。

【解決手段】 内輪1と、外輪2と、内輪1と外輪2との間に転動自在に配設された複数の玉3と、を備える玉軸受において、内輪1の軌道面、外輪2の軌道面、及び玉3の転動面のうち少なくとも一つを、官能基を有する含フッ素重合体とパーカルオロポリエーテル (PFP E) とを含有する潤滑膜6で覆った。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内輪と、外輪と、前記内輪と前記外輪との間に転動自在に配設された複数の転動体と、を備える転がり軸受において、

前記内輪の軌道面、前記外輪の軌道面、及び前記転動体の転動面のうち少なくとも一つを、官能基を有する含フッ素重合体とパーフルオロポリエーテル（P F P E）とを含有する潤滑膜で覆ったことを特徴とする転がり軸受。

【請求項2】 前記潤滑膜の膜厚を0.3～2.0μmとしたことを特徴とする請求項1記載の転がり軸受。

【請求項3】 前記内輪の軌道面、前記外輪の軌道面、及び前記転動体の転動面のうち少なくとも一つが硬質層を備えていることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の転がり軸受。

【請求項4】 前記内輪と前記外輪との間に前記転動体を保持する保持器を配設し、前記保持器のポケットのうち前記転動体と転がり接触する部分を、フッ素樹脂を含有する皮膜で覆ったことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の転がり軸受。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、清浄環境下及び真空環境下で好適に使用される低発塵、低アウトガスで耐久性に優れた転がり軸受に係り、特に、半導体製造装置内の搬送用ロボット、位置決め装置等において好適に使用される転がり軸受に関する。

【0002】

【従来の技術】 清浄環境下及び真空環境下においては、転がり軸受の潤滑剤にグリースを用いると、グリースの油分の蒸発やグリース自体の飛散等によって、潤滑機能の劣化や使用環境の汚染といった不都合が発生するおそれがある。そのため、前述のような環境下においては、従来は、内外輪の軌道面、転動体の転動面、及び保持器のポケットのうち転動体と転がり接触する部分の少なくとも一つに、金、銀、鉛等の軟質金属や、グラファイト、二硫化モリブデン等の固体潤滑剤を膜状にコーティングすることによって、潤滑を行っていた。

【0003】 例えば、特開平8-26446号公報には、官能基を有する含フッ素重合体からなる潤滑薄膜を、内外輪の軌道面に備えた転がり軸受が開示されている。そして、この潤滑薄膜の膜厚は0.2μm以下であることが好ましいことが記載されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前述のような固体潤滑剤等からなるコーティング膜では、ボールが転動することによる負荷により該コーティング膜がわずかずつ剥離、欠落し、発塵を生じることがあった。特に、高荷重条件下においては発塵量が増大するため、半導体製造装置等に使用される転がり軸受のような、パ

ーティクルを極端に嫌う環境下において使用される転がり軸受に適用することは困難であった。

【0005】 しかも、前述のようにコーティング膜の剥離や欠落が発生すると、転動、摺接する部位での潤滑作用が低下する。その結果、金属同士が接触することとなって、凝着しやすくなったり前記転動、摺接する部位での摩耗が促進されたりするので、転がり軸受の寿命が低下するという問題点も併せて有していた。また、特開平8-26446号公報に記載の官能基を有する含フッ素重合体からなる潤滑薄膜は、一般に官能基を有する含フッ素重合体はP F P E等と比較して蒸気圧が高いため、アウトガスが多いという問題点を有している。

【0006】 さらに、潤滑薄膜の膜厚が0.2μm以下であると、低発塵ではあるが、潤滑性の不足から耐久性が十分ではないという問題があった。特に、高面圧下においては、その傾向が顕著であった。そこで、本発明は、上記のような従来の転がり軸受が有する問題点を解決し、清浄環境下及び真空環境下においても発塵量及びアウトガスが低く、且つ高面圧下においても耐久性に優れた転がり軸受を提供することを課題とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決するため、本発明は次のような構成からなる。すなわち、本発明の転がり軸受は、内輪と、外輪と、前記内輪と前記外輪との間に転動自在に配設された複数の転動体と、を備える転がり軸受において、前記内輪の軌道面、前記外輪の軌道面、及び前記転動体の転動面のうち少なくとも一つを、官能基を有する含フッ素重合体とパーフルオロポリエーテル（P F P E）とを含有する潤滑膜で覆ったことを特徴とする。

【0008】 このような構成であれば、清浄環境下及び真空環境下においても発塵量及びアウトガスが低く、且つ高面圧下においても耐久性に優れていて長寿命である。本発明の転がり軸受においては、官能基を有する含フッ素重合体とP F P Eとを含有する潤滑膜を潤滑剤として、前記内輪の軌道面、前記外輪の軌道面、及び前記転動体の転動面のうち少なくとも一つを、前記潤滑膜で覆うことにより潤滑を行っている。

【0009】 前記潤滑膜は、上記のように官能基を有する含フッ素重合体とP F P Eとを含有しているので、流動性を有している。よって、比較的大きな荷重が作用するような場合でも、従来の固体潤滑剤等のコーティング膜のように転動体が転動することによる負荷により剥離や欠落が生じる可能性が低いので、発塵量が少なく、半導体製造装置等に使用される転がり軸受のような、パーティクルを極端に嫌う環境下において使用される転がり軸受に適用可能である。

【0010】 また、含フッ素重合体だけでなくP F P Eが配合されているため低アウトガスである。よって、特にウェハの処理プロセスのような、有機物による汚染を

極端に嫌う用途に適している。さらに、比較的大きな荷重が作用するような場合でも、転がり軸受の転動、摺接する部位において金属同士が無潤滑で接触する状態となりにくく、該部位に常に潤滑剤が付着している状態が維持される。よって、該部位において凝着や摩耗が起こる可能性が低いので、耐久性に優れ且つ低発塵である。

【0011】なお、本発明の転がり軸受における前記潤滑膜は、前述のように官能基を有する含フッ素重合体とPFPPEとを含有しているものであるが、前記両者を混合したもので前記潤滑膜を形成してもよいし、官能基を有する含フッ素重合体の層とPFPPEの層とからなる二層構造としてもよい。後者の場合には、前記内輪の軌道面、前記外輪の軌道面、及び前記転動体の転動面のうち少なくとも一つに、官能基を有する含フッ素重合体の層を設け、その上にPFPPEの層を設けた二層構造とする必要がある。そうすれば、下層の含フッ素重合体と上層のPFPPEとの濡れ性が良好であるため、PFPPEが薄く均一に被覆され、転がり軸受の回転によってPFPPEが飛散しにくい(低発塵である)。金属面に直接PFPPEを被覆すると、金属とPFPPEとの濡れ性が悪いので、PFPPEを均一に被覆することが困難である。

【0012】前記潤滑膜の膜厚は特に限定されるものではないが、0.3~2.0μmとすれば、発塵性及び耐久性がより良好となる。0.3μm未満では潤滑性が不十分となり、転がり軸受の耐久性に問題が生じるおそれがある。また、2.0μmを超えると潤滑性は十分となるが、発塵量が多くなるという問題が生じるおそれがある。

【0013】また、前記内輪の軌道面、前記外輪の軌道面、及び前記転動体の転動面のうち少なくとも一つに、硬質層を形成してもよい。そうすれば、耐摩耗性、耐焼付き性、耐凝着性が向上して、耐久性がより良好となる。さらに、摩耗によって新生面が露出した金属表面は触媒的な作用を有しているので、PFPPEを分解してアウトガスが発生する場合がある。しかし、金属化合物等からなる硬質層が表面に形成されれば、前述のような不都合が生じにくく、アウトガスの発生を抑制できる。

【0014】硬質層としては、例えば、窒化層や、 DLC(ダイヤモンドライカーボン)、TiN、CrN等からなる硬質膜があげられる。さらに、前記内輪と前記外輪との間に前記転動体を保持する保持器を配設し、前記保持器のポケットのうち前記転動体と転がり接触する部分を、フッ素樹脂を含有する皮膜で覆ってもよい。そうすれば、仮に前記潤滑膜が剥離、欠落したとしても、前記保持器の前記皮膜からフッ素樹脂が供給されるので、潤滑性の低下が生じにくく、その結果、転がり軸受がより長寿命となる。しかも、前記保持器からの転移潤滑であるため、発塵量も少ない。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明に係る転がり軸受の実施の形態を、図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の一実施形態である玉軸受の部分縦断面図である。この玉軸受は、内輪1と、外輪2と、内輪1と外輪2との間に転動自在に配設された複数の玉3と、玉3を前記両輪1、2の間に保持する保持器4と、を備えている。

【0016】内輪1、外輪2、玉3、及び保持器4は、いずれも耐食性材料で構成されている。内輪1及び外輪2の材料としては、例えば、JIS規格SUS440C、13Cr系ステンレス鋼等のマルテンサイト系ステンレス鋼に適当な硬化熱処理を施したものや、析出硬化型ステンレス鋼SUS630、SUS316に表面硬化処理を施したものがあげられる。

【0017】また、玉3の材料としては、前述の内輪1及び外輪2の材料と同様の鋼材の他、セラミックス材や超硬合金等のサーメットがあげられる。なお、セラミックス材としては、窒化ケイ素(Si₃N₄)を主体とするもの他、アルミナ(Al₂O₃)、炭化ケイ素(SiC)、ジルコニア(ZrO₂)等を主体とするものが好ましい。

【0018】さらに、保持器4の材料としては、例えば、SUS304等のオーステナイト系ステンレス鋼や高分子材料があげられる。このような玉軸受は、内輪1の軌道面を含む外周面1a、外輪2の軌道面を含む内周面2a、玉3の転動面3a、及び保持器4のポケットのうち玉3と転がり接触する部分4a(以降は、ポケット面4aと記す)に、官能基を有する含フッ素重合体とPFPPEとの混合物からなる潤滑膜6が被覆されている。

【0019】官能基を有する含フッ素重合体としては、フルオロポリエーテル重合体やポリフルオロアルキル重合体が好ましい。フルオロポリエーテル重合体としては、-Cx-FxO-という一般式(Xは1~4の整数)で示される繰り返し単位を有する、数平均分子量が1000~50000の重合体があげられる。なお、このフルオロポリエーテル重合体は、少なくとも一方の分子末端に、後述する官能基を有している。

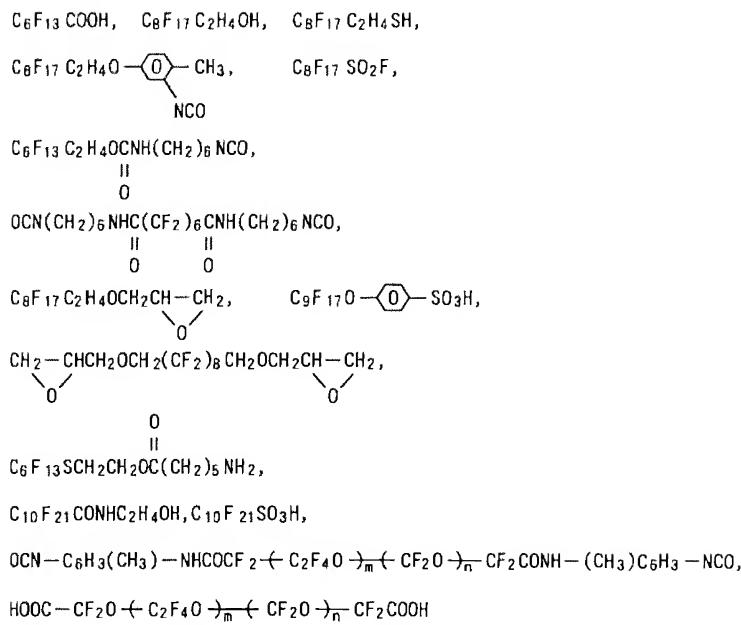
【0020】また、ポリフルオロアルキル重合体としては、下記の化1に示すものがあげられる。化1のYは金属に対して親和性の高い官能基であり、例えば、エポキシ基、アミノ基、カルボキシル基、水酸基、メルカプト基、イソシアネート基、スルファン基、エステル基等が好ましい。ポリフルオロアルキル重合体としては、化1の他、例えば、化2、3に示すものも好適に使用することができる。

【0021】

【化1】 CF₃(CF₂)₇-Y, H(CF₂)₆-Y, CF₂Cl(CF₂)₁₁-Y

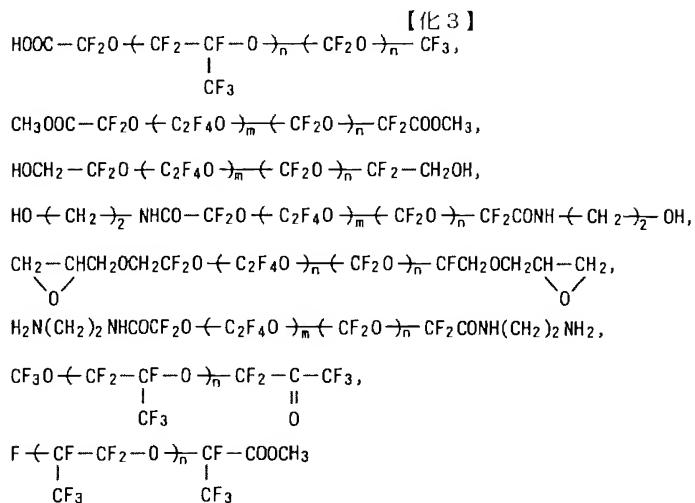
CF₃CF₃CF(CF₂)₇-Y, CF₂ClCF₃CF(CF₂)₇-Y

【化2】



20

【0023】



【化3】

【0024】このような官能基は、潤滑膜6が内輪1の外周面1a、外輪2の内周面2a、玉3の転動面3a、及び保持器4のポケット面4aに被覆された際に、これらの部材を構成する金属と結合するので、前記各部材の表面と強く結合した潤滑膜6が形成される。なお、一つの分子に官能基を複数有する含フッ素重合体の場合は、そのうち少なくとも一つが金属と結合していればよい。

【0025】前記含フッ素重合体は、上に例示したものを単独で用いてもよいし2種以上を併用してもよい。2種以上を併用する場合は、その官能基同士が反応して前記含フッ素重合体がより高分子量化するように、前記含フッ素重合体の組み合わせ（官能基の組み合わせ）を選択することが好ましい。前記含フッ素重合体がより高分子量化すれば、より耐摩耗性の優れた潤滑膜6を得るこ

とができる。

【0026】このような官能基を有する含フッ素重合体の具体例としては、例えば、デュポン社製のクライトックス157FSL, 157FSM, 157FSH、ダイキン工業社製のデムナム変性品SA, SH, SY-3, SP、アウジモント社製のフォンブリンZ DEAL, Z DIAC, Z DISCO, Z DOL, Z DOL TX 2000等があげられる。

【0027】また、PFPEの種類は特に限定されるものではないが、アウトガスを低く抑えるためには、できるだけ蒸気圧の低いものを使用することが好ましい。具体的には、デュポン社製のクライトックス143AB, 143AC, 143AD、アウジモント社製のフォンブリンYHVAC18/8, 25/9, 40/11, 14

0/13, Z25, Z60、ダイキン工業社製のS-65, S-100, S-200があげられる。

【0028】次に、潤滑膜6の形成方法の一例を説明する。玉軸受を完成状態に組み立て、有機溶剤（石油ベンジン、メタノール、アセトン等）で洗浄、乾燥する。そして、潤滑膜6を形成するための潤滑油を玉軸受の内輪1の軌道面と外輪2の軌道面とにスポット等を用いて数滴注入する。そして、玉軸受を数回回転させることにより、内輪1の外周面1a、外輪2の内周面2a、玉3の転動面3a、及び保持器4のポケット面4aに潤滑油が塗布される。なお、この潤滑油の塗布は、潤滑油の噴霧や、潤滑油への玉軸受の浸漬により行つてもよく、前記潤滑油の塗布方法は特に限定されるものではない。

【0029】潤滑油としては、例えば、PFP-Eとしてダイキン工業社製S-200を用い、これに官能基を有する含フッ素重合体としてデュポン社製のクライトックス157FSHを5%添加し、この混合物をフッ素系の溶剤（例えば、旭化学工業社製AK225）で2%に希釈したもの等が好適である。次に、潤滑油を塗布した玉軸受の全体を常温乾燥させた後、恒温槽等に入れ100～200℃で30分間熱処理を施すことによって、内輪1の外周面1a、外輪2の内周面2a、玉3の転動面3a、及び保持器4のポケット面4aに潤滑膜6を形成させる。

【0030】なお、このような潤滑膜6を設ける処理は、必要に応じて数回繰り返してもよく、潤滑膜6を最終的に、例えば0.3～2.0μmの膜厚に形成する。この膜厚は、官能基を有する含フッ素重合体及びPFP-Eの前記フッ素系の溶剤への溶解濃度によって制御することも可能である。このような方法により、玉軸受の各構成要素（内輪1、外輪2、玉3、及び保持器4）における転動、摺接部位に、潤滑膜6を好適な膜厚で形成することができる。

【0031】また、前述のように熱処理によって溶媒を除去しておけば、玉軸受の動作時に不要な発塵が発生することがない。特に、最終の熱処理によって、使用環境での発塵やアウトガスを抑制できる。なお、官能基を有する含フッ素重合体は、一般に蒸気圧がPFP-Eに比べて高いので、アウトガスに対する要求が厳しい場合は、含フッ素重合体とPFP-Eの合計量に対する含フッ素重合体の量を1～30質量%とすることが好ましい。

【0032】なお、官能基を有する含フッ素重合体をフッ素系の溶剤で希釈したものを先に被覆し、恒温槽等で加熱して前記各構成要素の母材である金属に前記含フッ素重合体が有する官能基を反応させて、金属と結合した官能基を有する含フッ素重合体の層を形成し、その後にPFP-Eをフッ素系の溶剤で希釈したもの被覆して、前記官能基を有する含フッ素重合体の層の上にPFP-Eの層を形成して、潤滑膜6を二層構造としてもよい。

【0033】以上説明したように、本実施形態の玉軸受

は流動性を有する潤滑膜6を備えていて、比較的大きな荷重がかかるような場合でも、従来の固体潤滑剤等のコーティング膜のように転動体が転動することによる負荷により剥離や欠落が生じる可能性が低いので、発塵量が少なく、半導体製造装置等に使用される転がり軸受のようなパーティクルを極端に嫌う環境下において使用される転がり軸受に適用可能である（半導体製品の歩留まり向上に寄与する）。

【0034】また、玉軸受の転動、摺接する部位において金属同士が無潤滑で接触する状態となりにくく、該部位に常に潤滑剤が付着している状態が維持される。よって、該部位において凝着や摩耗が起こる可能性が低いので、耐久性に優れ且つ低発塵である。なお、図2の部分縦断面図に示すように、内輪1の外周面1a及び外輪2の内周面2aに窒化層、硬質膜等の硬質層7を形成すれば、耐摩耗性、耐焼付き性、耐凝着性が向上して耐久性がより良好となる。さらに、摩耗によって新生面が露出した金属表面は触媒的な作用を有しているので、PFP-Eを分解してアウトガスが発生する場合があるが、金属化合物等からなる硬質層が表面に形成されれば、前述のような不都合が生じにくくアウトガスの発生を抑制できる。なお、この硬質層7は、玉3の転動面3aに形成してもよい。

【0035】また、図示は省略するが、保持器4のポケット面4aを、潤滑膜6の代わりに、ポリテトラフルオロエチレン樹脂（PTFE）等のフッ素樹脂を含有する皮膜で覆つてもよい。そうすれば、内輪1の外周面1a、外輪2の内周面2a、及び玉3の転動面3aを覆う潤滑膜6が仮に剥離、欠落したとしても、保持器4のポケット面4aの前記皮膜からフッ素樹脂が供給されるので、潤滑性の低下が生じにくく、その結果、玉軸受がより長寿命となる。しかも、保持器4からの転移潤滑であるため、発塵量も少ない。

【0036】なお、前述の硬質層7とこの皮膜とを組み合わせれば、すなわち、内輪1の外周面1a及び外輪2の内周面2aに硬質層7を形成するとともに、フッ素樹脂を含有する皮膜で保持器4のポケット面4aを覆えば、さらに耐久性を向上させることができる。次に、上記と同様の構成の玉軸受（呼び番号608、内径：8mm、外径：22mm、幅：7mm）について、潤滑膜の種類、潤滑膜の膜厚、硬質層の種類又は有無、転動体の材質等を種々変更して、真空中における耐久性及び発塵性を試験した。なお、内輪及び外輪の材質はSUS440Cであり、保持器の材質はSUS304である。

【0037】耐久性試験は、図3に示す装置を用いて行った。図3中の符号31は供試体である玉軸受、32は回転軸、33は軸受ハウジング、34は荷重付与用コイルばね（9.8N）、35は総手、36はACサーボモータ、37は真空チャンバ、38は磁気シールユニット、39はヒータ、40は軸受温度測定用熱電対、41はダ

ストセンサを示している。

【0038】試験条件を以下に示し、試験結果を表1に示す。

回転速度: 1000 m i n⁻¹

アキシアル荷重: 100 N

雰囲気: 真空 (10⁻⁴ Pa 以下)

環境温度: 室温

	潤滑膜 種類 ¹⁾	膜厚 ²⁾	転動体の材質	硬質層	フッ素樹 脂皮膜	寿命
実施例1	FSH+PFPE	1.0	SUS440C	—	—	20以上
実施例2	FSH+PFPE	0.3	SUS440C	—	—	3.3
実施例3	FSH+PFPE	0.5	SUS440C	—	—	6.5
実施例4	FSH+PFPE	0.8	SUS440C	—	—	12.4
実施例5	Z DIAC+PFPE	1.0	SUS440C	—	—	20以上
実施例6	SH+PFPE	1.0	SUS440C	—	—	20以上
実施例7	FSH+PFPE	1.0	窒化ケイ素	—	—	20以上
実施例8	FSH+PFPE	1.5	SUS440C	—	—	20以上
実施例9	FSH+PFPE	2.0	SUS440C	—	—	20以上
実施例10	FSH+PFPE	0.8	SUS440C	DLC	—	20以上
実施例11	FSH+PFPE	0.8	SUS440C	CrN	—	20以上
実施例12	FSH+PFPE	0.8	SUS440C	—	PTFE	20以上
実施例13	FSH+PFPE	0.8	SUS440C	—	PI+PTFE	20以上
比較例1	FSH	1.0	SUS440C	—	—	2.5
比較例2	PFPE	1.0	SUS440C	—	—	2.8
比較例3	FSH+PFPE	0.1	SUS440C	—	—	1.5
比較例4	FSH+PFPE	0.2	SUS440C	—	—	1.0
比較例5	FSH+PFPE	2.5	SUS440C	—	—	20以上

1) PFPE: ダイキン工業社製 S-200
 FSH: デュポン社製 クライトックス157FSH
 官能基としてカルボキシル基を有する
 SH: ダイキン工業社製 デムナム変性品SH
 官能基としてカルボキシル基を有する
 Z DIAC: オジモント社製 フォンブリンZ DIAC
 官能基として両末端にカルボキシル基を有する

2) 単位: μ m

【0040】表1から分かるように、実施例1～13の玉軸受は優れた寿命を有していた。特に、内輪の外周面及び外輪の内周面に硬質層を備えた実施例10及び実施例11（実施例10はDLCからなる硬質膜を備え、実施例11はCrNからなる硬質膜を備えている）は、硬質層を備えていない実施例4と比較して、寿命が大幅に向上了している。

【0041】また、潤滑膜の代わりにPTFEを含有する皮膜で保持器のポケット面を被覆した実施例12、13は、潤滑膜でポケット面を被覆した実施例4と比較して、寿命が大幅に向上了している。なお、実施例12にお

いては、PTFEを含有する皮膜をポケット面に焼成によって被覆する際に、ポリアミドイミド樹脂をバインダーとして用いた。また、実施例13においては、PTFEを含有するポリイミド樹脂を電着によって被覆した。実施例13においては、ポリイミド樹脂とPTFEとの重量比を80:20としたが、ポリイミド樹脂:PTFE=90:10～50:50の範囲内で適宜選択される。

【0042】さらに、潤滑膜の膜厚と寿命との相関を示した図4のグラフから、膜厚が0.3 μ m以上の場合に寿命が優れていることが分かる。また、膜厚0.3～

1. $0 \mu\text{m}$ の範囲を見ると、膜厚に比例して寿命が向上していることが分かる。それに対して、膜厚が $0.3 \mu\text{m}$ 未満では寿命が短く、しかも寿命にバラツキが見られ、膜厚と寿命との間に相関性は認められなかった。したがって、潤滑膜の膜厚は $0.3 \mu\text{m}$ 以上とする必要がある。

【0043】また、官能基を有する含フッ素重合体又はPFPEのいずれか一方で潤滑膜が構成されている比較例1, 2は、膜厚が十分であるにもかかわらず寿命が劣っていた。次に、発塵性試験について説明する。発塵性試験は、図5に示す軸受回転試験機（日本精工株式会社製）を用いて行った。

【0044】玉軸受50の内輪50aを軸受回転試験機のスピンドル軸（SUS440C製）51に取り付けるとともに、外輪50bをハウジング52の内周面に固定し、ハウジング52をヒータ53によって約60°Cの温度まで断続的に加熱した。このとき、玉軸受50へのアキシアル荷重は、スプリング55により調整可能となっている。

【0045】そして、スピンドル軸51の一端には磁性流体シールユニット56が設けられ、スピンドル軸51にはモータ54の回転トルクがブーリ57、ベルト58、ブーリ59、及び磁性流体シールユニット56を介して伝わるようになっている。一方、玉軸受50の外輪50bはハウジング52を介して微小荷重変換器60に接続されており、したがって、微小荷重変換器60を用いて玉軸受50のトルクを測定できるようになっている。

【0046】また、玉軸受50は容器61及び隔壁62に囲まれ、その空間の底部はレーザ光散乱式パーティクルカウンタ63に接続されている。一方、この囲まれた空間の上部には、フィルタ64を介して空気導入口65が設けられている。そして、空気導入口65から容器61及び隔壁62で囲まれた空間に清浄な空気を所定の流量で供給することにより、空気導入口65からパーティクルカウンタ63へ向けて気流が生じるため、玉軸受50から生じる摩耗粉の量をパーティクルカウンタ63で検出できるようになっている。

【0047】試験条件を以下に示し、試験結果を図6に示す。

回転速度： 1000 min^{-1}

アキシアル荷重： 20 N

雰囲気：真空（ 10^{-4} Pa 以下）

環境温度：室温

潤滑膜の膜厚と発塵量との相関を示した図6のグラフから、膜厚が小さいほど発塵性が良好となる傾向があり、膜厚が $2.0 \mu\text{m}$ 以下の場合に発塵量が少なく、 $2.0 \mu\text{m}$ を超えると急激に発塵量が増加することが分かる。

【0048】これらの耐久性試験と発塵性試験の結果から、潤滑膜の膜厚は $0.3 \sim 2.0 \mu\text{m}$ が好ましいこと

が分かる。なお、本実施形態は本発明の一例を示したものであって、本発明は本実施形態に限定されるものではない。例えば、本実施形態においては、転がり軸受として玉軸受を例示して説明したが、本発明の転がり軸受は、他の種類の様々な転がり軸受に対して適用することができる。例えば、深みぞ玉軸受、アンギュラ玉軸受、円筒ころ軸受、円すいころ軸受、針状ころ軸受、自動調心ころ軸受等のラジアル形の転がり軸受や、スラスト玉軸受、スラストころ軸受等のスラスト形の転がり軸受である。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る請求項1の転がり軸受は、内輪の軌道面、外輪の軌道面、及び転動体の軌道面のうち少なくとも一つを、官能基を有する含フッ素重合体とPFPEとを含有する潤滑膜で覆ったので、清浄環境下及び真空環境下においても発塵量及びアウトガスが低く、且つ高面圧下においても耐久性に優れていて長寿命である。

【0050】また、本発明に係る請求項2の転がり軸受は、前記潤滑膜の膜厚を $0.3 \sim 2.0 \mu\text{m}$ としたので、発塵性及び耐久性がより良好である。さらに、本発明に係る請求項3の転がり軸受は、内輪の軌道面、外輪の軌道面、及び転動体の軌道面のうち少なくとも一つに硬質層を形成したので、耐摩耗性、耐焼付き性、耐凝着性が向上して耐久性がより良好である。

【0051】さらに、本発明に係る請求項4の転がり軸受は、保持器のポケットのうち転動体と転がり接触する部分を、フッ素樹脂を含有する皮膜で覆ったので、潤滑膜が剥離、欠落しても前記皮膜からフッ素樹脂が供給されるため長寿命である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る転がり軸受の一実施形態である玉軸受の構成を示す部分縦断面図である。

【図2】本発明に係る転がり軸受の別の実施形態である玉軸受の構成を示す部分縦断面図である。

【図3】転がり軸受の耐久性を試験する試験機の概略図である。

【図4】潤滑膜の膜厚と寿命との相関を示すグラフである。

【図5】転がり軸受の発塵性を試験する軸受回転試験機の概略図である。

【図6】潤滑膜の膜厚と発塵量との相関を示すグラフである。

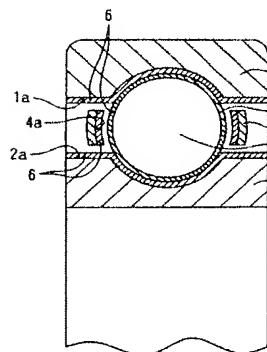
【符号の説明】

1	内輪
1 a	外周面
2	外輪
2 a	内周面
3	玉
3 a	転動面

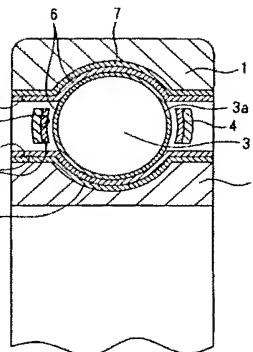
4 保持器
4a ポケット面

6 潤滑膜
7 硬質層

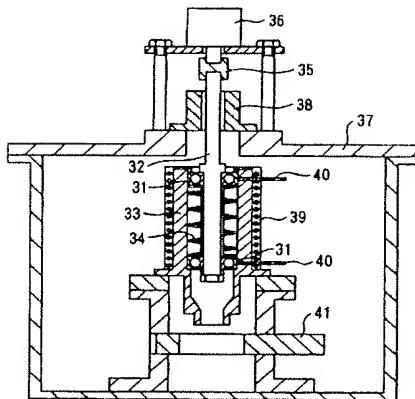
【図1】



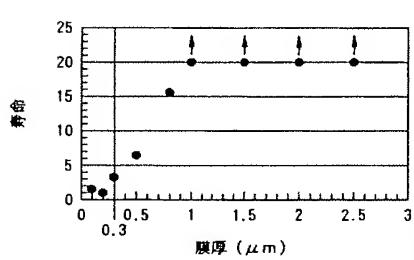
【図2】



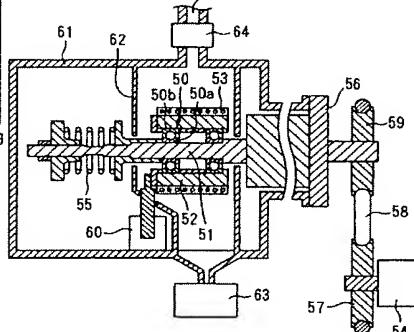
【図3】



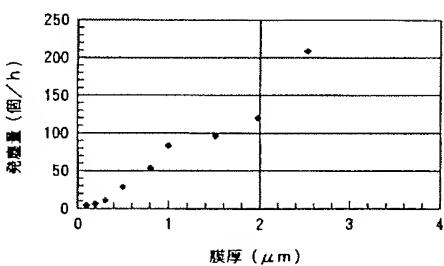
【図4】



【図5】



【図6】



PO4NN-13109

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In anti-friction bearing provided with two or more rolling elements allocated between an inner ring, an outer ring of spiral wound gasket, and said inner ring and said outer ring of spiral wound gasket enabling free rolling, Anti-friction bearing covering with lubricating film containing a fluorine polymer which has a functional group for at least one of a raceway surface of said inner ring, a raceway surface of said outer ring of spiral wound gasket, and rolling contact surfaces of said rolling element, and perfluoro polyether (PFPE).

[Claim 2] The anti-friction bearing according to claim 1 thickness of said lubricating film being 0.3-2.0 micrometers.

[Claim 3] The anti-friction bearing according to claim 1 or 2, wherein at least one of a raceway surface of said inner ring, a raceway surface of said outer ring of spiral wound gasket, and rolling contact surfaces of said rolling element is provided with a hard layer.

[Claim 4] The anti-friction bearing according to any one of claims 1 to 3 covering a portion which allocates a cage holding said rolling element between said inner ring and said outer ring of spiral wound gasket, and carries out the rolling contact to said rolling element among pockets of said cage by a coat containing a fluoro-resin.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the low raising dust suitably used under pure environment and vacuum environment, and anti-friction bearing which was excellent in endurance by low outgas, and relates to anti-friction bearing especially used suitably in the robot for conveyance in a semiconductor manufacturing device, a positioning device, etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] Under pure environment and vacuum environment, when grease is used for lubricant of anti-friction bearing, a possibility that inconvenience, such as degradation of a lubricating function and contamination of an operating environment, may occur by evaporation of the oil of grease, scattering of the grease itself, etc. is. Therefore, under the above environment conventionally, Lubrication was performed by coating at least one of the portions which carry out the rolling contact to a rolling element among the raceway surface of an inside-and-outside ring, the rolling contact surface of a rolling element, and the pocket of a cage with solid lubricants, such as soft metals, such as gold, silver, and lead, graphite, molybdenum disulfide, in the shape of a film.

[0003] For example, anti-friction bearing which equipped the raceway surface of the inside-and-outside ring with the lubricous thin film which becomes JP,H8-226446,A from the fluorine polymer which has a functional group is indicated. And it is indicated that it is preferred that it is 0.2 micrometer or less as for the thickness of this lubricous thin film.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] however, the load by a ball rolling in the coating film which consists of the above solid lubricants etc. -- this coating film -- only -- every -- it might exfoliate and be missing and raising dust might be produced. Especially the thing to apply to anti-friction bearing used under environment like [since the amount of raising dust increases under a high load condition] anti-friction bearing used for a semiconductor manufacturing device etc. where particle is disliked extremely was difficult.

[0005] And if exfoliation and lack of a coating film occur as mentioned above, the lubrication action in the part which rolls and ****s will fall. As a result, metal will contact, and since it became that it is easy to agglutinate or wear in said part which rolls and ****s was promoted, it also had collectively the problem that the life of anti-friction bearing fell. Since the fluorine polymer in which the lubricous thin film which becomes JP,H8-226446,A from the fluorine polymer which has a functional group of a description generally has a functional group has high steam pressure as compared with PFPE etc., it has the problem that there is much outgas.

[0006] Although it was low raising dust as the thickness of a lubricous thin film is 0.2 micrometer or less, there was a problem that endurance was not enough, from lubricative shortage. In particular, under high planar pressure, the tendency was remarkable. Then, this invention makes it SUBJECT to provide anti-friction bearing solved the problem which the above conventional anti-friction bearings have, and the amount of raising dust and outgas excelled [anti-friction bearing] in endurance under [it is low and] high planar pressure under pure environment and vacuum environment.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to solve an aforementioned problem, this invention consists of the

following composition. Namely, in anti-friction bearing provided with two or more rolling elements in which anti-friction bearing of this invention was allocated between an inner ring, an outer ring of spiral wound gasket, and said inner ring and said outer ring of spiral wound gasket enabling free rolling, It covered with lubricating film containing a fluorine polymer which has a functional group for at least one of a raceway surface of said inner ring, a raceway surface of said outer ring of spiral wound gasket, and rolling contact surfaces of said rolling element, and perfluoro polyether (PFPE).

[0008]With such composition, under pure environment and vacuum environment, the amount of raising dust and outgas are low, and under high planar pressure, it excels in endurance, and is long lasting. In anti-friction bearing of this invention, lubrication is performed by covering at least one of a raceway surface of said inner ring, a raceway surface of said outer ring of spiral wound gasket, and rolling contact surfaces of said rolling element with said lubricating film by using as lubricant lubricating film containing a fluorine polymer which has a functional group, and PFPE.

[0009]Since said lubricating film contains a fluorine polymer and PFPE which have a functional group as mentioned above, it has mobility. Therefore, since a possibility that exfoliation and lack will arise with load by a rolling element rolling like coating films, such as the conventional solid lubricant, is low even when comparatively big load acts, The amount of raising dust can apply to anti-friction bearing used under environment like [it is few and] anti-friction bearing used for a semiconductor manufacturing device etc. where particle is disliked extremely.

[0010]Since not only a fluorine polymer but PFPE is blended, it is low outgas. Therefore, it is suitable for a use which dislikes extremely contamination by an organic matter like especially a treatment process of a wafer. Even when comparatively big load acts, it will be hard to be in the state where metal contacts by non-lubrication in rolling of anti-friction bearing and a ***ing part, and the state where lubricant has always adhered to this part will be maintained. Therefore, since a possibility that agglutination and wear will take place in this part is low, it excels in endurance and is low raising dust.

[0011]Although said lubricating film in anti-friction bearing of this invention contains a fluorine polymer and PFPE which have a functional group as mentioned above, It is good also as the two-layer structure which consists of a layer of a fluorine polymer and a layer of PFPE which are what mixed said both, may form said lubricating film, and have a functional group. In the case of the latter, it is necessary to consider it as the two-layer structure which provided a layer of a fluorine polymer which has a functional group in at least one of a raceway surface of said inner ring, a raceway surface of said outer ring of spiral wound gasket, and rolling contact surfaces of said rolling element, and provided a layer of PFPE on it. Then, since the wettability of a lower layer fluorine polymer and the upper PFPE is good, PFPE is covered uniformly thinly and PFPE does not disperse easily (it is low raising dust) due to rotation of anti-friction bearing. Since the wettability of metal and PFPE is bad when PFPE is directly covered to a metal surface, it is difficult to cover PFPE uniformly.

[0012]Although not limited, especially thickness of said lubricating film will become better [dusting characteristics and endurance], if referred to as 0.3-2.0 micrometers. Lubricity becomes insufficient in less than 0.3 micrometer, and there is a possibility that a problem may arise in the endurance of anti-friction bearing. If it exceeds 2.0 micrometers, it will become enough [lubricity], but there is a possibility that a problem that the amount of raising dust increases may arise.

[0013]A hard layer may be formed in at least one of a raceway surface of said inner ring, a raceway surface of said outer ring of spiral wound gasket, and rolling contact surfaces of said rolling element. Then, abrasion resistance, seizing resistance, and attachment-proof improve, and endurance becomes better. Since a surface of metal which a new field exposed by wear has a catalytic operation, it may decompose PFPE and outgas may generate it. However, if a hard layer which consists of metallic compounds etc. is formed in the surface, it is hard to produce the above inconvenience and generating of outgas can be controlled.

[0014]As a hard layer, a rigid film which consists of a nitrated case, DLC (diamond like carbon), TiN, CrN, etc. is raised, for example. A cage holding said rolling element may be allocated between said inner ring and said outer ring of spiral wound gasket, and a portion which carries out the rolling contact to said rolling element among pockets of said cage may be covered by a coat containing a fluoro-resin. Then, since a fluoro-resin will be supplied from said coat of said cage even if said lubricating film exfoliates and is missing, it is hard to produce a lubricative fall and, as a result, anti-friction bearing becomes longer lasting. And since it is the transition lubrication from said cage, there are also few amounts of raising dust.

[0015]

[Embodiment of the Invention] The embodiment of anti-friction bearing concerning this invention is described referring to Drawings. Drawing 1 is a fragmentary longitudinal cross-section of the ball bearing which is one embodiment of this invention. This ball bearing is provided with two or more balls 3 allocated between the inner ring 1, the outer ring of spiral wound gasket 2, and the inner ring 1 and the outer ring of spiral wound gasket 2 enabling free rolling, and the cage 4 which holds the ball 3 among said both wheels 1 and 2.

[0016] The inner ring 1, the outer ring of spiral wound gasket 2, the ball 3, and the cage 4 are constituted from a corrosion-resisting material by each. As a material of the inner ring 1 and the outer ring of spiral wound gasket 2, what performed suitable heat-of-hardening processing for martensitic stainless steel, such as JISSUS440C and 13Cr system stainless steel, for example, and the thing which performed surface hardening to precipitation-hardening-stainless-steel SUS630 and SUS316 are raised.

[0017] As a material of the ball 3, cermets, such as a ceramic material and cemented carbide besides the same steel materials as the material of the above-mentioned inner ring 1 and the outer ring of spiral wound gasket 2, are raised. What makes a subject alumina ($\text{aluminum}_2\text{O}_3$), silicon carbide (SiC), zirconia (ZrO_2), etc. besides what makes silicon nitride (Si_3N_4) a subject as a ceramic material is preferred.

[0018] As a material of the cage 4, the austenitic stainless steel and the polymer material of SUS304 grade are raised, for example. The peripheral face 1a where such a ball bearing includes the raceway surface of the inner ring 1, the inner skin 2a including the raceway surface of the outer ring of spiral wound gasket 2, The lubricating film 6 which becomes the portion 4a (it is described as the pocket surface 4a henceforth) which carries out the rolling contact to the ball 3 among the rolling contact surface 3a of the ball 3 and the pocket of the cage 4 from the mixture of the fluorine polymer and PFPE which have a functional group is covered.

[0019] As a fluorine polymer which has a functional group, a fluoropoly ether polymer and a polyfluoro alkyl polymer are preferred. The polymer of 1000-50000 is raised for the number average molecular weight which has a repeating unit shown as a fluoropoly ether polymer by the general formula (X is an integer of 1-4) $-\text{C}_X\text{F}_{2X}\text{O}-$. This fluoropoly ether polymer has a functional group later mentioned to at least one molecular terminal.

[0020] As a polyfluoro alkyl polymer, what is shown in following ** 1 is raised. Y of ** 1 is a functional group with compatibility high to metal, for example, an epoxy group, an amino group, a carboxyl group, a hydroxyl group, a sulfhydryl group, an isocyanate group, a sulfone group, an ester group, etc. are preferred. As a polyfluoro alkyl polymer, what is shown in everything [2 and 3] but ** 1, for example, **, can be used conveniently.

[0021]

[Formula 1]

$\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7-\text{Y}$, $\text{H}(\text{CF}_2)_6-\text{Y}$, $\text{CF}_2\text{Cl}(\text{CF}_2)_{11}-\text{Y}$

$\text{CF}_3\text{CF}_3\text{CF}(\text{CF}_2)_7-\text{Y}$, $\text{CF}_2\text{ClCF}_3\text{CF}(\text{CF}_2)_7-\text{Y}$

[0022]

[Formula 2]

$C_8F_{13}COOH$, $C_8F_{17}C_2H_4OH$, $C_8F_{17}C_2H_4SH$,

$C_8F_{17}C_2H_4O-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CH}_3$, $C_8F_{17}SO_2F$,
NCO

$C_6F_{13}C_2H_4OCNH(CH_2)_6NCO$,
||
O

$OCN(CH_2)_6NHC(CF_2)_6CNH(CH_2)_6NCO$,
|| ||
O O

$C_8F_{17}C_2H_4OCH_2CH-\text{CH}_2$, $C_9F_{17}O-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_3H$,
|
O

$CH_2-\text{CHCH}_2OCH_2(CF_2)_8CH_2OCH_2CH-\text{CH}_2$,
|
O

$C_6F_{13}SCH_2CH_2OC(CH_2)_5NH_2$,

$C_{10}F_{21}CONHC_2H_4OH$, $C_{10}F_{21}SO_3H$,

$OCN-C_6H_3(CH_3)-NHCOCF_2-\leftarrow C_2F_4O \xrightarrow{m} \leftarrow CF_2O \xrightarrow{n} CF_2CONH-(CH_3)C_6H_3-NCO$,

$HOOC-CF_2O-\leftarrow C_2F_4O \xrightarrow{m} \leftarrow CF_2O \xrightarrow{n} CF_2COOH$

[0023]

[Formula 3]

$HOOC-CF_2O-\leftarrow C_2F_4O-\leftarrow CF_2-\text{CF}-O \xrightarrow{n} \leftarrow CF_2O \xrightarrow{n} CF_3$,
|
CF₃

$CH_3OOC-CF_2O-\leftarrow C_2F_4O \xrightarrow{m} \leftarrow CF_2O \xrightarrow{n} CF_2COOCH_3$,

$HOCH_2-CF_2O-\leftarrow C_2F_4O \xrightarrow{m} \leftarrow CF_2O \xrightarrow{n} CF_2-\text{CH}_2OH$,

$HO-\text{CH}_2-\text{CH}_2-NHCO-CF_2O-\leftarrow C_2F_4O \xrightarrow{m} \leftarrow CF_2O \xrightarrow{n} CF_2CONH-\leftarrow CH_2-\text{CH}_2-OH$,

$CH_2-\text{CHCH}_2OCH_2CF_2O-\leftarrow C_2F_4O \xrightarrow{m} \leftarrow CF_2O \xrightarrow{n} CFCH_2OCH_2CH-\text{CH}_2$,
|
O

$H_2N(CH_2)_2NHCOCF_2O-\leftarrow C_2F_4O \xrightarrow{m} \leftarrow CF_2O \xrightarrow{n} CF_2CONH(CH_2)_2NH_2$,

$CF_3O-\leftarrow CF_2-\text{CF}-O \xrightarrow{n} CF_2-C-CF_3$,
| ||
CF₃ O

$F-\leftarrow CF-CF_2-O \xrightarrow{n} CF-COOCH_3$
| |
CF₃ CF₃

[0024] Since such a functional group is combined with the metal which constitutes these members when the lubricating film 6 is covered by the peripheral face 1a of the inner ring 1, the inner skin 2a of the outer ring of spiral wound gasket 2, the rolling contact surface 3a of the ball 3, and the pocket surface 4a of the cage 4, the lubricating film 6 strongly combined with the surface of each of said member is formed. In the case of the fluorine polymer which carries out two or more owners of the functional group to one molecule, at least one has just combined with metal before long.

[0025] What was illustrated above may be independently used for said fluorine polymer, and it may use two or more sorts together. When using two or more sorts together, it is preferred to choose combination (a functional group should put together) of said fluorine polymer so that the functional groups may react and said fluorine polymer may carry out Polymer Division quantification more. If said fluorine polymer carries out Polymer Division quantification more, the wear-resistant outstanding lubricating film 6 can be obtained more.

[0026] As an example of a fluorine polymer of having such a functional group, For example, Du Pont KURAITOKKUSU 157FSL, 157FSM, 157FSH, John Boleyn Z DEAL, Z DIAC, and Z DISCO by the Demnum denaturation article SA and SH by Daikin Industries, LTD., SY-3, SP, and AUSIMONT K.K., Z DOL, and Z

DOL TX2000 grade are raised.

[0027]Although a kind in particular of PFPE is not limited, in order to stop outgas low, it is preferred to use what has steam pressure low as much as possible. Specifically, Du Pont KURAITOKKUSU 143AB, 143AC, 143AD, John Boleyn YHVAC18/8 by AUSIMONT K.K., 25/9, 40/11, 140/13, Z25, Z60, S-65 by Daikin Industries, LTD., S-100, and S-200 are raised.

[0028]Next, an example of a formation method of the lubricating film 6 is explained. A ball bearing is assembled to a complete state, and it washes and dries by organic solvents (petroleum benzine, methanol, acetone, etc.). And a syringe etc. are used for a raceway surface of the inner ring 1 of a ball bearing, and a raceway surface of the outer ring of spiral wound gasket 2, and several drops of lubricating oils for forming the lubricating film 6 are poured into them. And a lubricating oil is applied to the peripheral face 1a of the inner ring 1, the inner skin 2a of the outer ring of spiral wound gasket 2, the rolling contact surface 3a of the ball 3, and the pocket surface 4a of the cage 4 by rotating a ball bearing several times. Spraying of a lubricating oil and immersion of a ball bearing to a lubricating oil may perform spreading of this lubricating oil, and a coating method in particular of said lubricating oil is not limited.

[0029]As a lubricating oil, the Daikin Industries, LTD. make S-200 is used as PFPE, for example. What added Du Pont KURAITOKKUSU 157FSH 5%, and diluted this mixture with a solvent (for example, Asahi Kagaku Kogyo AK225) of a fluorine system to 2% is preferred as a fluorine polymer which has a functional group in this. Next, after carrying out ordinary temperature desiccation of the whole ball bearing which applied a lubricating oil, the lubricating film 6 is made to form in the peripheral face 1a of the inner ring 1, the inner skin 2a of the outer ring of spiral wound gasket 2, the rolling contact surface 3a of the ball 3, and the pocket surface 4a of the cage 4 by putting into a thermostat etc. and performing heat treatment for 30 minutes at 100-200 **.

[0030]Processing which forms such lubricating film 6 may be repeated several times if needed, and forms the lubricating film 6 in 0.3-2.0-micrometer thickness eventually, for example. This thickness can also be controlled by dissolved concentration to a solvent of said fluorine system of a fluorine polymer and PFPE which have a functional group. By such a method, the lubricating film 6 can be formed in rolling in each component (the inner ring 1, the outer ring of spiral wound gasket 2, the ball 3, and the cage 4) of a ball bearing, and a slide contact part by suitable thickness.

[0031]If heat treatment removes a solvent as mentioned above, raising dust unnecessary at the time of operation of a ball bearing will not occur. In particular, raising dust and outgas in an operating environment can be controlled by the last heat treatment. As for a fluorine polymer which has a functional group, since steam pressure is generally high compared with PFPE, when a demand to outgas is severe, it is preferred to make quantity of a fluorine polymer and a fluorine polymer to the total quantity of PFPE into 1 - 30 mass %.

[0032]What diluted with a solvent of a fluorine system a fluorine polymer which has a functional group is covered previously, Heat with a thermostat etc. and a functional group which said fluorine polymer has is made to react to metal which is a base material of each of said component, It is good also considering the lubricating film 6 as the two-layer structure to cover what diluted PFPE with a solvent of a fluorine system after that, and form [form a layer of a fluorine polymer which has the functional group combined with metal,] a layer of PFPE on a layer of a fluorine polymer which has said functional group.

[0033]As explained above, a ball bearing of this embodiment is provided with the lubricating film 6 which has mobility, Since a possibility that exfoliation and lack will arise with load by a rolling element rolling like coating films, such as the conventional solid lubricant, is low even when comparatively big load is applied, It is applicable to anti-friction bearing with which the amount of raising dust is used under environment where particle like [it is few and] anti-friction bearing used for a semiconductor manufacturing device etc. is disliked extremely (it contributes to improvement in the yield of a semi conductor product).

[0034]It will be hard to be in the state where metal contacts by non-lubrication in rolling of a ball bearing and a ****ing part, and the state where lubricant has always adhered to this part will be maintained. Therefore, since a possibility that agglutination and wear will take place in this part is low, it excels in endurance and is low raising dust. If the hard layers 7, such as a nitrated case and a rigid film, are formed in the peripheral face 1a of the inner ring 1, and the inner skin 2a of the outer ring of spiral wound gasket 2 as shown in a fragmentary longitudinal cross-section of drawing 2, abrasion resistance, seizing resistance, and attachment-proof will improve, and endurance will become better. Since it has a catalytic operation, PFPE may be decomposed, and outgas may be emitted, but the surface of metal which a new field exposed

by wear can control generating of outgas that it is hard to produce the above inconvenience, if a hard layer which consists of metallic compounds etc. is formed in the surface. This hard layer 7 may be formed in the rolling contact surface 3a of the ball 3.

[0035]Although a graphic display is omitted, the pocket surface 4a of the cage 4 may be covered by a coat containing fluoro-resins, such as polytetrafluoroethylene resin (PTFE), instead of the lubricating film 6.

Then, since a fluoro-resin will be supplied from said coat of the pocket surface 4a of the cage 4 even if the wrap lubricating film 6 exfoliates and is missing in the peripheral face 1a of the inner ring 1, the inner skin 2a of the outer ring of spiral wound gasket 2, and the rolling contact surface 3a of the ball 3, it is hard to produce a lubricative fall and, as a result, a ball bearing becomes longer lasting. And since it is the transition lubrication from the cage 4, there are also few amounts of raising dust.

[0036]If the above-mentioned hard layer 7 and this coat are combined (i.e., if the pocket surface 4a of the cage 4 is covered by a coat containing a fluoro-resin while forming the hard layer 7 in the peripheral face 1a of the inner ring 1, and the inner skin 2a of the outer ring of spiral wound gasket 2), endurance can be raised further. Next, about a ball bearing (the bearing number 608, inside-diameter:8mm, outer-diameter:22mm, width: 7 mm) of the same composition as the above, various construction material of a kind of lubricating film, thickness of lubricating film and a kind of hard layer or existence, and a rolling element, etc. were changed, and endurance and dusting characteristics in a vacuum were examined. Construction material of an inner ring and an outer ring of spiral wound gasket is SUS440C, and construction material of a cage is SUS304.

[0037]Durability test was done using a device shown in drawing 3. A ball bearing whose numerals 31 in drawing 3 are test pieces, and 32 the axis of rotation and 33 Bearing housing, 34 --- a coil spring for load grant (98N), and 35 --- a joint and 36 --- a magnetic sealing unit and 39 show a heater, 40 shows a thermo couple for bearing temperature measurement, and, as for a vacuum chamber and 38, an AC servo motor and 37 show a dust sensor 41.

[0038]A test condition is shown below and a test result is shown in Table 1.

revolving speed: --- 1000min^{-1} axial-load: --- 100N atmosphere: --- a vacuum (below 10^{-4}Pa)

Environmental temperature: A time of a vibration value of a bearing becoming twice an initial value which is a room temperature was evaluated as a life of the bearing. A relative value at the time of setting a life of the comparative example 4 to 1 shows a life shown in Table 1.

[0039]

[Table 1]

	潤滑膜 種類 ¹⁾	膜厚 ²⁾	転動体の材質	硬質層	フッ素樹 脂皮膜	寿命
実施例1	FSH+PFPE	1.0	SUS440C	—	—	20以上
実施例2	FSH+PFPE	0.3	SUS440C	—	—	3.3
実施例3	FSH+PFPE	0.5	SUS440C	—	—	6.5
実施例4	FSH+PFPE	0.8	SUS440C	—	—	12.4
実施例5	Z DIAC+PFPE	1.0	SUS440C	—	—	20以上
実施例6	SH+PFPE	1.0	SUS440C	—	—	20以上
実施例7	FSH+PFPE	1.0	塗化ケイ素	—	—	20以上
実施例8	FSH+PFPE	1.5	SUS440C	—	—	20以上
実施例9	FSH+PFPE	2.0	SUS440C	—	—	20以上
実施例10	FSH+PFPE	0.8	SUS440C	DLC	—	20以上
実施例11	FSH+PFPE	0.8	SUS440C	CrN	—	20以上
実施例12	FSH+PFPE	0.8	SUS440C	—	PTFE	20以上
実施例13	FSH+PFPE	0.8	SUS440C	—	PI+PTFE	20以上
比較例1	FSH	1.0	SUS440C	—	—	2.5
比較例2	PFPE	1.0	SUS440C	—	—	2.8
比較例3	FSH+PFPE	0.1	SUS440C	—	—	1.5
比較例4	FSH+PFPE	0.2	SUS440C	—	—	1.0
比較例5	FSH+PFPE	2.5	SUS440C	—	—	20以上

1) PFPE: ダイキン工業社製 S-200

FSH: デュポン社製 クライトックス157FSH

官能基としてカルボキシル基を有する

SH: ダイキン工業社製 デムナム変性品SH

官能基としてカルボキシル基を有する

Z DIAC: アウジモント社製 フォンプリンZ DIAC

官能基として両末端にカルボキシル基を有する

2) 単位: μm

[0040]As shown in Table 1, a ball bearing of working example 1-13 had the outstanding life. As compared with working example 4 which is not provided with a hard layer, life of [especially / working example 10 which equipped a family peripheral face and inner skin of an outer ring of spiral wound gasket with a hard layer and working example 11 (working example 10 was provided with a rigid film which consists of DLC, and working example 11 is provided with a rigid film which consists of CrN(s))] is improving substantially.

[0041]As compared with working example 4 which covered a pocket surface, life of working example 12 and 13 which covered a pocket surface of a cage with a coat which contains PTFE instead of lubricating film is improving substantially with lubricating film. In working example 12, when covering a coat containing PTFE with calcination to a pocket surface, polyamide imide resin was used as a binder. Polyimide resin containing PTFE was covered with electrodeposition in working example 13. In working example 13, although a weight ratio of polyimide resin and PTFE was set to 80:20, it is suitably chosen within the limits of polyimide resin:PTFE=90:10 - 50:50.

[0042]The graph of drawing 4 in which correlation with the thickness of lubricating film and a life was shown shows that the life is excellent, when thickness is 0.3 micrometers or more. When the range of 0.3-1.0 micrometer of thickness is seen, it turns out that the life is improving in proportion to thickness. To it, thickness was short-life in less than 0.3 micrometer, moreover variation was looked at by the life, and correlativity was not accepted between thickness and a life. Therefore, the thickness of lubricating film is 0.3 micrometers or more.

[0043]Although the comparative examples 1 and 2 by which lubricating film is constituted from the fluorine

polymer or either of the PFPE(s) which has a functional group had enough thickness, they were inferior in the life. Next, a dusting-characteristics examination is explained. The dusting-characteristics examination was done using the bearing rotation test machine (made by NSK, Ltd.) shown in drawing 5.

[0044]While attaching the inner ring 50a of the ball bearing 50 to the spindle shaft (product made from SUS440C) 51 of a bearing rotation test machine, the outer ring of spiral wound gasket 50b was fixed to the inner skin of the housing 52, and the housing 52 was intermittently heated to the temperature of about 60 °C with the heater 53. At this time, the axial load to the ball bearing 50 can be adjusted with the spring 55.

[0045]And the magnetic fluid seal unit 56 is formed in the end of the spindle shaft 51, and the running torque of the motor 54 gets across to the spindle shaft 51 via the belt pulley 57, the belt 58, the belt pulley 59, and the magnetic fluid seal unit 56. On the other hand, it is connected to the minute load transducer 60 via the housing 52, therefore the outer ring of spiral wound gasket 50b of the ball bearing 50 can measure the torque of the ball bearing 50 now using the minute load transducer 60.

[0046]The ball bearing 50 is surrounded by the container 61 and the septum 62, and the pars basilaris ossis occipitalis of the space is connected to the laser-light-scattering type particle counter 63. On the other hand, the air inlet 65 is established in the upper part of this surrounded space via the filter 64. And since an air current arises from the air inlet 65 towards the particle counter 63 by supplying pure air to the space surrounded by the container 61 and the septum 62 from the air inlet 65 by a predetermined flow. The particle counter 63 can detect now the quantity of the worn powder produced from the ball bearing 50.

[0047]A test condition is shown below and a test result is shown in drawing 6.

revolving speed: -- 1000min⁻¹ axial-load: -- 20N atmosphere: -- vacuum (below 10⁻⁴Pa)

Environmental temperature: It turns out that there is a tendency which becomes good [dusting characteristics] from the graph of drawing 6 in which correlation with the thickness of room temperature lubricating film and the amount of raising dust was shown, so that thickness is small, and the amount of raising dust will increase rapidly if there are few amounts of raising dust and they exceed 2.0 micrometers when thickness is 2.0 micrometers or less.

[0048]From the result of such durability test and a dusting-characteristics examination, the thickness of lubricating film is understood that 0.3-2.0 micrometers is preferred. This embodiment shows an example of this invention and this invention is not limited to this embodiment. For example, in this embodiment, although the ball bearing was illustrated and explained as anti-friction bearing, anti-friction bearing of this invention is applicable to various anti-friction bearings of other kinds. For example, it is anti-friction bearing of thrust type, such as anti-friction bearing of radial type, such as a deep groove ball bearing, an angular contact ball bearing, cylindrical roller bearing, circular-cone roller bearing, needle roller bearing, and self-aligning roller bearing, a thrust ball bearing, thrust roller bearing.

[0049]

[Effect of the Invention]As explained above, anti-friction bearing of Claim 1 concerning this invention, Since it covered with the lubricating film containing the fluorine polymer which has a functional group for at least one of a family raceway surface, the raceway surface of an outer ring of spiral wound gasket, and the rolling contact surfaces of a rolling element, and PFPE, Under pure environment and vacuum environment, the amount of raising dust and outgas are low, and under high planar pressure, it excels in endurance, and is long lasting.

[0050]Since anti-friction bearing of Claim 2 concerning this invention set thickness of said lubricating film to 0.3-2.0 micrometers, dusting characteristics and its endurance are better. Since anti-friction bearing of Claim 3 concerning this invention formed the hard layer in at least one of a family raceway surface, the raceway surface of an outer ring of spiral wound gasket, and the rolling contact surfaces of a rolling element, abrasion resistance, seizing resistance, and its attachment-proof improve, and its endurance is better.

[0051]Since anti-friction bearing of Claim 4 concerning this invention covered the portion which carries out the rolling contact to a rolling element among the pockets of a cage by the coat containing a fluoro-resin, and a fluoro-resin is supplied from said coat even if lubricating film exfoliates and is missing, it is long lasting.

[Translation done.]